

Bioefikasi Klon-Klon Kentang Transgenik *RB* Hasil Silangan terhadap Penyakit Hawar Daun *Phytophthora infestans* dan Karakter Agronomi di Lapangan Uji Terbatas (*Bioefficacy of RB Transgenic Potato Hybrid Clones Against Late Blight Phytophthora infestans and Agronomic Characters in Confined Field Trial*)

Ambarwati, AD¹⁾, Handayani, T²⁾, dan Sofiari, E²⁾

¹⁾Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian
Jln. Tentara Pelajar No. 3A, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16111

²⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391
E-mail: dinarambarwati@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 11 November 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 6 April 2015

ABSTRAK. Penyakit hawar daun yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans* menyerang lebih dari 50% dari luas area pertanaman kentang di Indonesia dan dapat menyebabkan kehilangan hasil 10–90%. Perakitan tanaman kentang tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* melalui penyisipan gen *RB* kemudian disilangkan dengan varietas kentang komersial Atlantic dan Granola telah menghasilkan beberapa klon yang mengandung gen *RB*. Pengujian di lapangan uji terbatas (LUT) telah dilakukan untuk melihat ekspresi gen *RB* pada klon-klon turunannya terhadap *P. infestans*. Selain ekspresi ketahanan terhadap *P. infestans*, diamati pula karakter agronominya terutama hasil umbi. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan bioefikasi gen *RB* pada klon-klon kentang transgenik hasil silangan Atlantic atau Granola dengan transgenik Katahdin SP951 terhadap *P. infestans*, serta mengamati karakter agronomi. Penelitian dilakukan di Banjarnegara, Jawa Tengah pada ketinggian 1.400 m di atas permukaan laut dari bulan Desember 2013 sampai dengan April 2014. Klon-klon yang diuji terdiri atas empat klon silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, yaitu klon B35, B163, AKRb 134, dan AKRb 354 serta enam klon silangan Granola dengan transgenik Katahdin SP951, yaitu klon D12, D48, D38, D37, GKRb 181, dan GKRb 401. Atlantic dan Granola digunakan sebagai tetua rentan, sedangkan tetua tahan adalah transgenik Katahdin SP951. Percobaan menggunakan dua perlakuan penyemprotan fungisida, yaitu 2 dan 10 kali. Berdasarkan skor ketahanan dan nilai AUDPC, klon-klon kentang transgenik hasil silangan menunjukkan lebih tahan terhadap *P. infestans* dibandingkan Atlantic atau Granola, dan tidak berbeda nyata ketahanannya dengan transgenik Katahdin SP951, meskipun dengan penyemprotan fungisida secara minimal, 2 dan 10 kali. Pengamatan tinggi tanaman pada 53 hari setelah tanam (HST) menunjukkan tidak ada beda nyata antara klon-klon kentang transgenik hasil silangan dengan tetua-tetuanya atau masih berada dalam kisaran tinggi tanaman kedua tetuanya. Jumlah batang utama klon-klon kentang transgenik hasil silangan adalah 3,3 – 4,6 berbeda nyata dibandingkan Atlantic atau Granola dengan jumlah batang berkisar 2,6 – 2,9. Diameter batang berkisar antara 0,87 – 0,93 cm tidak berbeda nyata dibandingkan Atlantic, Granola atau transgenik Katahdin SP951. Klon-klon kentang transgenik hasil silangan menghasilkan berat umbi per plot berkisar 3.210 – 4.489 g dengan dua kali penyemprotan fungisida, sedangkan Atlantic, Granola, dan transgenik Katahdin SP951, masing-masing 1.355 g, 467 g, dan 3.544 g. Pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida, hasil umbi per plot paling tinggi diperoleh untuk klon AKRb354 (8.401 g) diikuti B35 (6.557 g), B163 (5.333 g), dan AKRb134 (4.666 g), sedangkan Atlantic dan transgenik Katahdin SP951, masing-masing 3.297 dan 6.808 g. Klon D48 dan D37 mempunyai berat umbi per plot sebesar 7.577 g dan 6.653 g, berbeda nyata dengan Granola (2.230 g).

Katakunci: Kentang transgenik; Klon-klon persilangan; Hawar daun *Phytophthora infestans*; Lapangan uji terbatas

ABSTRACT. Late blight disease caused by *Phytophthora infestans* widely attack in more than 50% of the total planting area of potato in Indonesia, and can cause yield losses of 10–90%. Development of potato resistant to late blight disease *P. infestans* through insertion of *RB* gene followed by hybridization with commercial varieties Atlantic and Granola has produced several hybrid clones containing *RB* gene. Testing in confined field trial (CFT) has been done to assess the expression of *RB* gene in hybrid clones to *P. infestans*. Besides the resistance expression to *P. infestans*, the agronomic characters especially tuber yield has been observed. The purpose of this study was to assess the efficacy of *RB* gene in transgenic potato hybrid clones of Atlantic or Granola and Katahdin transgenic SP951 against *P. infestans* and to observe the agronomic characters. Experiment was conducted in Banjarnegara, Central Java (1,400 m above sea level) from December 2013 to April 2014. The hybrid clones tested were four clones of Atlantic x Katahdin transgenic SP951 (B35, B163, AKRb134, AKRb354) and six clones of Granola x Katahdin transgenic SP951 (D12, D48, D38, D37, GKRb 181, GKRb401). Atlantic and Granola were used as susceptible parents and the resistant parent was Katahdin transgenic SP951. The experiments consist of two treatments of fungicide spraying, 2 and 10 times. Based on the resistance and AUDPC value, transgenic potato hybrid clones showed more resistant to *P. infestans* than Atlantic or Granola, and the resistance were not significantly different compare to Katahdin transgenic SP951, although with the minimum fungicide spraying, 2 and 10 times. Observation of plant height at 53 days after planting (DAP) showed no significant difference between transgenic potato hybrid clones and their parents, or still in the range of the plant height of the two parents. The number of main stem of transgenic potato hybrid clones were 3.3 – 4.6, significantly different compare to Atlantic or Granola which ranged from 2.6 – 2.9. Stem diameter ranged from 0.87 – 0.93, was not significantly different compared with Atlantic, Granola or Katahdin transgenic SP951. Transgenic potato hybrid clones produce tuber weight per plot ranged from 3,210 – 4,489 g with two times of fungicide spraying, whereas Atlantic, Granola, and Katahdin transgenic SP951 were 1,355 g, 467 g, and 3,544 g, respectively. At 10 times of fungicide spraying,

the highest tuber weight per plot was obtained from AKRb354 clone (8,410 g), followed by B35 clone (6,557 g), B163 clone (5,333 g), and AKRb134 clone (4,666 g), whereas Atlantic and Katahdin transgenic SP951 was 3,297 g and 6,808 g, respectively. D48 and D37 clones had a tuber weight per plot 7,577 g and 6,653 g, significantly different with Granola (2,230 g).

Keywords: Transgenic potato; Hybrid clones; Late blight *Phytophthora infestans*; Confined field trial

Penyakit hawar daun yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans* adalah penyakit utama yang menyerang tanaman kentang. Penyakit tersebut menyerang lebih dari 50% dari luas area pertanaman kentang di sentra-sentra produksi kentang di Indonesia. Untuk memproteksi tanaman kentang dari serangan penyakit hawar daun, menurut studi *ex-ante* yang dilakukan oleh Adiyoga (2009), petani biasanya melakukan penyemprotan fungisida sebanyak 20–30 kali dalam satu musim tanam. Hal tersebut mengakibatkan petani harus mengeluarkan biaya yang tinggi dan penyemprotan fungisida secara intensif berdampak terhadap lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia. Menurut Kusmana (2003, 2004), kehilangan hasil akibat serangan hawar daun berkisar antara 10–90% dan pada varietas Granola dapat menyebabkan kehilangan hasil sekitar 47%.

Perakitan tanaman kentang yang tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* telah banyak dilakukan. Namun, keragaman genetik yang tinggi dari *P. infestans* menyebabkan ketahanan tanaman cepat patah (Cooke *et al.* 2003). Berbagai upaya dilakukan untuk mencari sumber-sumber gen baru yang memberikan ketahanan horizontal. Gen *RB* yang diisolasi dari tanaman kentang liar *Solanum bulbocastanum* telah terbukti memberikan ketahanan yang berspektrum luas terhadap ras-ras *P. infestans* (Song *et al.* 2003). Ekspresi gen *RB* ini terbukti stabil lebih dari 4 tahun pada pengujian di beberapa lokasi berbeda, di antaranya penelitian lapang yang dilakukan di Michigan Agricultural Experimental Station oleh Kuhl *et al.* (2007) dan di Minnesota (Bradeen *et al.* 2009).

Pemanfaatan varietas dengan ketahanan yang bersifat *durable* adalah cara yang paling tepat dan efisien untuk mengendalikan serangan *P. infestans*. Tanaman transgenik Katahdin SP951 yang mengandung gen *RB* (Song *et al.* 2003) telah terbukti menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans* di LUT Lembang pada tahun 2007 (Herman 2008). Hasil penelitian di *mist chamber* menunjukkan bahwa tanaman transgenik Katahdin SP951 tahan terhadap isolat *P. infestans* yang dikoleksi dari Jawa Barat, yaitu Pasir Sarongge, Pangalengan, dan Galunggung (Ambarwati *et al.* 2011) serta tahan dalam pengujian di rumah kaca dengan isolat *P. infestans* dari Jawa Barat (Garut, Pangalengan) dan Jawa Tengah (Banjarnegara) (ABSP 2013). Namun, seleksi lapang sangat penting dilakukan

untuk mengevaluasi ketahanan klon-klon kentang transgenik terhadap penyakit hawar daun (Stewart *et al.* 1994, Douches *et al.* 2002).

Persilangan antara tanaman transgenik Katahdin SP951 dengan Atlantic atau Granola telah dilakukan untuk mendapatkan klon-klon kentang transgenik hasil silangan yang mengandung gen *RB*. Efikasi gen *RB* terhadap *P. infestans* pada beberapa klon hasil silangan telah dilakukan di beberapa lokasi LUT di Jawa Barat, yaitu Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan, dan Garut.

Untuk mendukung program pemuliaan tanaman kentang, selain sifat ketahanan terhadap penyakit, perlu dilakukan pengamatan karakter agronomi. Tanaman transgenik yang dihasilkan harus mempunyai kesepadanan dengan tanaman nontransgeniknya, kecuali untuk suatu sifat yang ditambahkan (Schauzu 2000). Pengujian di rumah kaca maupun di lapang untuk melihat fenotipe tanaman kentang transgenik telah banyak dilakukan pada beberapa penelitian di luar negeri (Dale & McPartlan 1992, Jongedijk *et al.* 1992, Belknap *et al.* 1994, Conner *et al.* 1994).

Diperolehnya tanaman kentang yang tahan terhadap penyakit hawar daun dan memiliki karakter fenotipik yang diinginkan, akan sangat bermanfaat dalam mendukung pemuliaan tanaman kentang, serta berdampak positif bagi petani karena dapat mengurangi biaya produksi dengan berkurangnya pemakaian fungisida maupun terhadap kesehatan lingkungan.

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan bioefikasi atau pengujian ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil silangan Atlantic atau Granola dengan transgenik Katahdin SP951 terhadap *P. infestans* serta penampilan agronomi di LUT Banjarnegara, Jawa Tengah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan dari bulan Desember 2013 sampai bulan April 2014 di LUT yang berlokasi di Desa Batur, Kecamatan Batur, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, dengan ketinggian 1.700 m dpl., yang merupakan sentra produksi kentang terbesar di Jawa Tengah.

Bahan Tanaman

Bioefikasi dilakukan pada 10 klon kentang transgenik hasil silangan, terdiri atas empat klon silangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951, yaitu klon B35, B163, AKRb 134, AKRb 354, dan enam klon silangan Granola dengan transgenik Katahdin SP951, yaitu klon D12, D48, D38, D37, GKRb 181, dan GKRb 401. Kontrol rentan menggunakan Atlantic dan Granola, sedangkan kontrol tahan adalah transgenik Katahdin SP951. Nontransgenik Katahdin digunakan sebagai komparator atau *wild type* transgenik Katahdin SP951.

Penanaman di LUT

Bioefikasi untuk melihat respons ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil silangan terhadap isolat *P. infestans* dilakukan tanpa inokulasi penyakit buatan. Munculnya serangan awal penyakit tergantung ketersediaan inokulum di lapang. Sebagai sumber inokulum maka varietas Atlantic dan Granola yang rentan ditanam mengelilingi setiap plot perlakuan, 2 minggu lebih dahulu dari klon-klon uji. Tanaman *border* jagung ditanam masing-masing lima baris mengelilingi plot percobaan dan di antara plot perlakuan. Percobaan menggunakan rancangan petak terpisah dengan tiga ulangan. Setiap klon terdiri atas 15 tanaman dalam satu baris, dengan jarak tanam 30 cm x 70 cm dan luas plot 2,1 m x 1,4 m. Percobaan menggunakan perlakuan dua kali penyemprotan fungisida, yaitu saat tanaman kurang lebih berumur 30 hari setelah tanam (HST) dan 65 HST, dan 10 kali penyemprotan fungisida pada saat tanaman berumur kurang lebih 20 HST dengan interval 5 hari. Sebelum umbi dipanen, dilakukan terminasi

dengan cara memangkas semua bagian tanaman yang tidak akan digunakan untuk percobaan selanjutnya. Bagian-bagian tanaman tersebut dikumpulkan dalam suatu lubang dan dibakar kemudian ditimbun kembali dengan tanah.

Parameter Pengamatan

Skor ketahanan tanaman

Ketahanan tanaman diamati secara visual sejak mulai munculnya gejala penyakit. Skor ketahanan menggunakan acuan dari Henfling (1979) dan Halterman *et al.* (2008) seperti pada Tabel 1. Tanaman dengan skor $\geq 7,0$ ($\leq 25\%$ infeksi) termasuk ke dalam kategori tahan (Song *et al.* 2003, Colton *et al.* 2006, Halterman *et al.* 2008), skor $\geq 6 - < 7$ agak tahan dan skor < 6 rentan.

Persentase intensitas penyakit dihitung menggunakan rumus:

$$IP = \frac{\sum n \times v}{N \times Z} \times 100\%$$

dimana:

IP = intensitas penyakit

n = jumlah tanaman dari tiap kategori serangan

v = nilai skala dari tiap kategori serangan (0 – 9)

N = jumlah tanaman contoh

Z = skor dari kategori serangan tertinggi

Kumulatif serangan hawar daun dihitung menggunakan metode AUDPC (*area under diseases progress curve*) menurut Campbell & Madden (1990) dan Landeo (1999).

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n [(X_{i+1} + X_i)/2] [t_{i+1} - t_i]$$

dimana:

X_i = persentase serangan penyakit hawar daun, pengamatan pada waktu ke i

X_{i+1} = persentase serangan penyakit hawar daun pada pengamatan i+1 pengamatan berikutnya

$t_{i+1} - t_i$ = interval pengamatan dari pengamatan pertama ke pengamatan kedua)

Karakter agronomi untuk jumlah umbi dan berat umbi per plot, tinggi tanaman, jumlah batang utama, dan diameter batang

Data skor ketahanan dianalisis menggunakan *nonparametric Friedman's test* dan analisis kontras menggunakan SAS versi 9.1.3. Uji lanjutan menggunakan DMRT pada taraf 5%.

Tabel 1. Skor infeksi hawar daun berdasarkan persentase daun terserang (*Scoring of late blight infection based on the percentage of infected leaf tissue*) (Henfling 1979, Halterman *et al.* 2008)

Skor (Score)	% daun terserang (% infected leaf tissue)
0	100
1	> 90
2	81 - 90
3	71 - 80
4	61 - 70
5	41 - 60
6	26 - 40
7	11 - 25
8	< 10
9	0

Henfling 1979, Halterman *et al.* 2008

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons ketahanan klon-klon kentang terhadap penyakit hawar daun pada 2 dan 10 kali penyemprotan fungisida ditampilkan pada Tabel 2. Klon-klon kentang transgenik hasil silangan mempunyai skor ketahanan yang berkisar antara 8,47 sampai 7,21 dan dikategorikan tahan berdasarkan skala ketahanan oleh Henfling (1979) dan Halterman *et al.* (2008). Pada 42 HST, Granola dan Atlantic sudah menunjukkan respons rentan, masing-masing mempunyai skor 5,19 dan 4,20 dengan intensitas serangan sebesar 42,3 sampai 53,3%. Hal ini mengindikasikan bahwa klon-klon kentang transgenik hasil silangan tersebut mempunyai ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan tetuanya, yaitu Atlantic maupun Granola. Pada 56 HST atau 15 hari setelah infeksi (HSI), semua klon atau varietas yang diuji menunjukkan respons rentan dengan skor ketahanan <6, kecuali klon B35 hasil silangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 menunjukkan respons agak tahan (skor 6,15). Nontransgenik Atlantic, Granola, dan Katahdin mempunyai skor 0,20 sampai 4,24 dengan persentase infeksi sebesar 52,89 sampai 97,78%. Namun, analisis kontras ketahanan klon-klon transgenik hasil silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 maupun Granola x transgenik Katahdin SP951 menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans*, yang berbeda nyata ($P < 0,05$) dibandingkan kontrol rentan

Atlantic atau Granola (Tabel 3). Klon-klon transgenik hasil silangan menunjukkan ketahanan yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dibandingkan kontrol tahan transgenik Katahdin SP951. Hal ini mengindikasikan bahwa klon-klon transgenik hasil silangan lebih tahan dibandingkan Atlantic maupun Granola dan tidak berbeda nyata dengan tetua tahannya, yaitu transgenik Katahdin SP951.

Hasil yang sama juga diperoleh pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida. Klon-klon kentang transgenik hasil silangan mempunyai ketahanan yang lebih tinggi, berbeda nyata dengan tetua rentan Atlantic dan Granola dan tidak berbeda nyata dengan tetua tahannya transgenik Katahdin SP951. Secara individu, terdapat empat klon dengan respons agak tahan (skor 6,04 sampai 6,25), yaitu satu klon hasil silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 (B35) dan tiga klon hasil silangan Granola x transgenik Katahdin SP951 (D48, D38, dan D37), sampai akhir pengamatan pada 69 HST atau 29 HSI (Tabel 2). Nontransgenik Atlantic, Granola, dan Katahdin, masing-masing mempunyai skor 0,20; 2,89; dan 5,42, yang menunjukkan respons rentan, demikian juga dengan transgenik Katahdin SP951 (skor 5,35). Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penyemprotan fungisida minimalis, yaitu 10 kali dalam satu musim tanam, klon-klon kentang transgenik hasil silangan masih lebih tahan dibandingkan tetua-tetunya, yaitu

Tabel 2. Respons ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil silangan pada dua perlakuan penyemprotan fungisida di LUT Banjarnegara, 2013-2014 (*Resistance response of transgenic potato hybrid clones at two treatments of fungicide spraying in CFT Banjarnegara, 2013-2014*)

Klon (Clones)	2x semprot (2 times spray)					10x semprot (10 times spray)				
	42 HST (DAP) 1 HSI (DAI)	49 HST (DAP) (8 HSI) (DAI)	56 HST (DAP) (15 HSI) (DAI)	63 HST (DAP) (22 HSI) (DAI)	69 HST (DAP) (29 HSI) (DAI)	42 HST (DAP) (1 HSI) (DAI)	49 HST (DAP) (8 HSI) (DAI)	56 HST (DAP) (15 HSI) (DAI)	63 HST (DAP) (22 HSI) (DAI)	69 HST (DAP) (29 HSI) (DAI)
AKRb134	8,47	7,04	5,13	3,98	3,53	8,14	7,02	6,24	6,16	5,84
AKRb354	7,57	6,78	5,42	4,71	4,24	8,11	6,70	6,58	5,33	5,02
GKRb181	8,16	6,91	4,80	3,89	3,42	8,16	7,11	6,40	5,20	4,89
GKRb401	7,21	6,42	4,09	2,95	1,22	8,02	6,80	6,38	5,49	5,11
Kat.SP951	8,02	7,02	4,66	3,64	2,82	8,59	7,22	6,80	6,18	5,35
Katahdin	6,97	5,63	4,24	3,42	2,84	7,28	6,31	6,26	5,93	5,42
Atlantic	4,20	3,80	3,20	2,82	2,75	5,61	2,86	2,24	1,96	0,20
Granola	5,19	3,71	0,20	0,04	0,04	6,18	4,84	3,66	3,04	2,89
B35	8,11	6,93	6,15	4,84	4,44	8,26	7,26	6,95	6,56	6,07
B163	7,62	6,91	4,91	4,71	4,15	8,42	7,11	6,82	6,33	5,80
D12	7,66	6,24	4,29	3,22	2,97	8,31	7,49	7,00	6,60	5,94
D48	7,90	6,86	5,49	4,89	4,22	8,35	7,60	6,89	6,20	6,04
D38	8,02	7,18	4,60	3,60	3,00	8,49	7,35	7,04	6,26	6,25
D37	8,14	6,99	5,84	5,06	4,49	8,61	7,55	7,15	7,05	6,16

AKRb = Atlantic x transgenik Katahdin SP951, GKRb = Granola x transgenik Katahdin SP951, B = Atlantic x transgenik Katahdin SP951, D = Granola x transgenik Katahdin SP951, HST : hari setelah tanam (*days after planting*), HSI : hari setelah infeksi (*days after infection*)

Tabel 3. Analisis kontras ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil silangan pada dua perlakuan penyemprotan fungisida di LUT Banjarnegara, 2013-2014 (Contrast analysis of resistance of transgenic potato hybrid clones at two treatments of fungicide spraying in CFT Banjarnegara, 2013–2014)

Pengamatan (Observation)	Klon (Clones)	2x semprot (2 times spray)	10x semprot (10 times spray)
42 HST (DAP)	Atlantic x Katahdin SP951 - Atlantic	<,0001	0,0019
	Atlantic x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,9099	0,6428
	Granola x Katahdin SP951 - Granola	0,0002	0,0071
	Granola x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,7919	0,7211
49 HST (DAP)	Atlantic x Katahdin SP951 - Atlantic	<,0001	<,0001
	Atlantic x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,8759	0,8730
	Granola x Katahdin SP951 - Granola	<,0001	0,0019
	Granola x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,7020	0,8916
56 HST (DAP)	Atlantic x Katahdin SP951 - Atlantic	0,0086	<,0001
	Atlantic x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,3511	0,8440
	Granola x Katahdin SP951 - Granola	<,0001	0,0002
	Granola x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,8072	0,9912
63 HST (DAP)	Atlantic x Katahdin SP951 - Atlantic	0,0272	<,0001
	Atlantic x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,2300	0,9035
	Granola x Katahdin SP951 - Granola	<,0001	<,0001
	Granola x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,6894	0,9451
69 HST (DAP)	Atlantic x Katahdin SP951 - Atlantic	0,1365	<,0001
	Atlantic x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,1563	0,6630
	Granola x Katahdin SP951 - Granola	0,0008	0,0005
	Granola x Katahdin SP951 - Katahdin SP951	0,6392	0,6049

HST : hari setelah tanam (*days after planting*), α 0,05

Atlantic, Granola, dan transgenik Katahdin SP951. Menurut studi *ex-ante* yang dilakukan oleh Adiyoga (2009), petani biasanya memproteksi tanaman kentang dari serangan penyakit hawar daun dengan melakukan penyemprotan fungisida sebanyak 20 sampai 30 kali dalam satu musim tanam.

Ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil silangan terhadap serangan hawar daun *P. infestans* didukung oleh nilai AUDPC. Pada perlakuan dua kali penyemprotan fungisida, klon-klon kentang transgenik hasil silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 mempunyai nilai AUDPC (1019,41) yang lebih kecil dibandingkan Atlantic (1765,94) dan transgenik Katahdin SP951 (1186,93). Demikian juga dengan klon-klon silangan Granola x transgenik Katahdin SP951 dengan nilai AUDPC (1.159,88) lebih kecil dari Granola (2.289,46) (Gambar 1). Semakin tinggi nilai AUDPC menunjukkan semakin rentan terhadap serangan *P. infestans*. Secara individu, dari 10 klon hasil silangan yang diuji, terdapat delapan klon, yaitu AKRb 134, AKRb 354, B35, B163, GKRb 181, D48, D38, dan

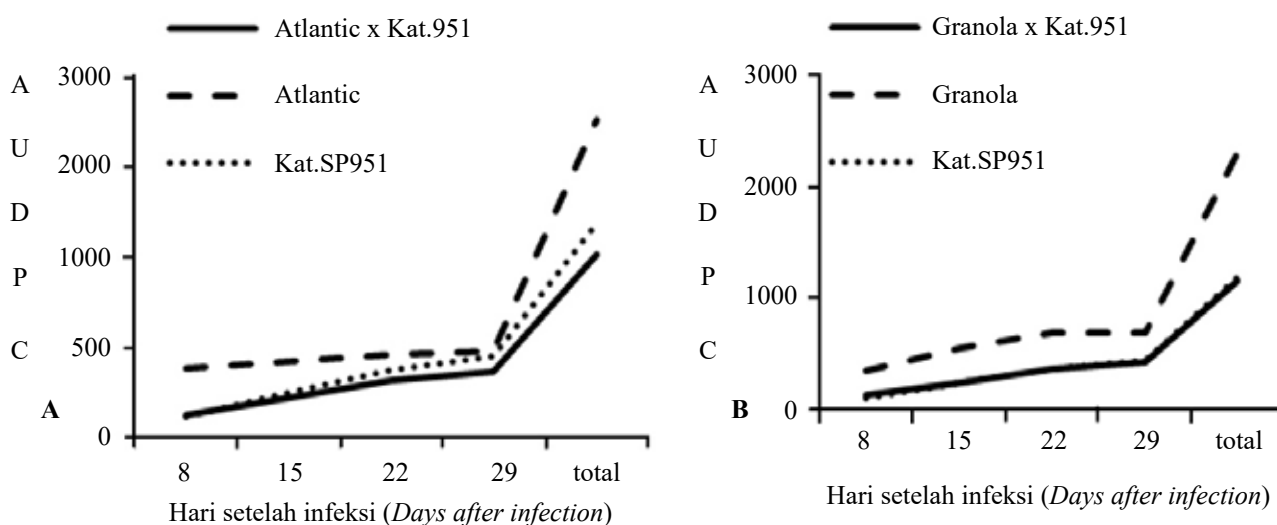
D37 yang mempunyai nilai AUDPC berkisar dari 917,4 sampai 1175,3, yang lebih kecil dari rerata AUDPC semua klon atau varietas yang diuji (1.261,72).

Hasil yang sama diperoleh juga pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida. Klon-klon kentang transgenik hasil silangan menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan Atlantic maupun Granola, yang ditunjukkan oleh nilai AUDPC. Klon-klon kentang transgenik hasil silangan mempunyai AUDPC berkisar dari 677,65 sampai 721,63, sedangkan Atlantic, Granola, dan transgenik Katahdin SP951 masing-masing mempunyai AUDPC 2.021,44, 1.549,68 dan 686,78 (Gambar 2). Hasil yang sama dijumpai di LUT Pasir Sarongge, dimana klon-klon transgenik hasil silangan mempunyai nilai AUDPC lebih kecil dari Atlantic dan Granola tetapi lebih besar dari transgenik Katahdin SP951 (Ambarwati *et al.* 2011). Demikian juga dengan skrining ketahanan klon-klon transgenik hasil silangan di LUT Lembang (Ambarwati *et al.* 2012) yang menunjukkan bahwa nilai AUDPC klon-klon transgenik hasil silangan lebih kecil dari tetua Atlantic dan Granola.

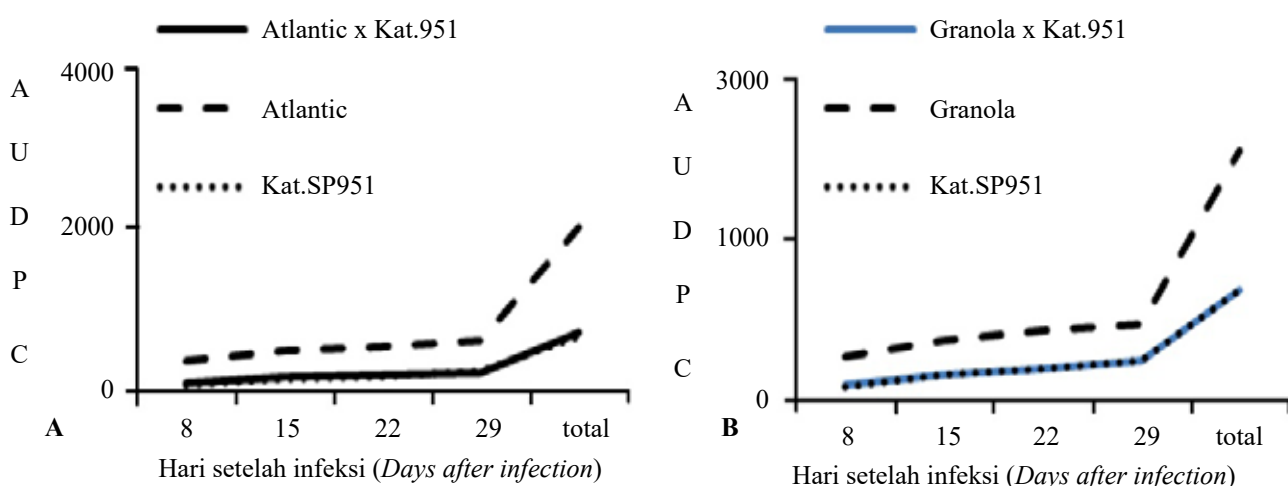
Klon-klon kentang transgenik hasil silangan sudah diuji di beberapa lokasi LUT di Jawa Barat, yaitu di Pasir Sarongge (Ambarwati *et al.* 2011), Lembang (Ambarwati *et al.* 2012), Pangalengan, Garut (Herman *et al.* 2012), dan di Jawa Tengah, yaitu di Banjarnegara (Herman *et al.* 2012). Klon-klon tersebut menunjukkan respons tahan terhadap serangan *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida dan berbeda nyata dibandingkan tetuanya, yaitu Atlantic dan Granola ketika ditanam di beberapa sentra produksi tanaman kentang. Penelitian Song *et al.* (2003) dan van der Vossen *et al.* (2003) menunjukkan bahwa gen

RB yang memediasi ketahanan terhadap *P. infestans* mempunyai ketahanan berspektrum luas terhadap isolat-isolat *P. infestans* yang membawa beberapa vektor virulensi. Menurut penelitian Kramer *et al.* (2009), Millet *et al.* (2009) dan Bradeen *et al.* (2009), respons ketahanan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* pada tanaman transgenik yang mengandung gen *RB* kemungkinan berkorelasi dengan banyaknya transkripsi gen *RB*.

Selain faktor ketahanan terhadap *P. infestans*, dilakukan juga pengamatan fenotipik untuk tinggi tanaman, jumlah, dan diameter batang utama, seperti



Gambar 1. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon kentang transgenik hasil silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 (A) dan Granola x transgenik Katahdin SP951 (B) pada dua kali penyemprotan fungisida di LUT Banjarnegara, 2013-2014 (AUDPC of transgenic potato hybrid clones Atlantic x transgenic Katahdin SP951 (A) and Granola x transgenic Katahdin SP951 (B) at two times fungicide spraying in CFT Banjarnegara, 2013-2014)



Gambar 2. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon kentang transgenik hasil silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 (A) dan Granola x transgenik Katahdin SP951 (B) pada 10 kali penyemprotan fungisida di LUT Banjarnegara, 2013-2014 (AUDPC of transgenic potato hybrid clones Atlantic x transgenic Katahdin SP951 (A) and Granola x transgenic Katahdin SP951 (B) at 10 times fungicide spraying in CFT Banjarnegara, 2013-2014)

Tabel 4. Karakter fenotipik klon-klon kentang transgenik hasil silangan pada 53 HST di LUT Banjarnegara 2013-2014 (*Phenotypic characters of transgenic potato hybrid clones at 53 days after planting in CFT Banjarnegara 2013–2014*)

Klon (Clone)	2x semprot (2 times spray)			10x semprot (10 times spray)		
	Tinggi tanaman (Plant height) cm	Diameter batang (Stem diameter) cm	Jumlah batang utama (No. of main stem)	Tinggi tanaman (Plant height) cm	Diameter batang (Stem diameter) cm	Jumlah batang utama (No. of main stem)
AKRb134	21,80 b	0,89 a	3,53 cdef	20,73 cd	0,91 a	3,60 cd
AKRb354	22,07 b	0,91 a	3,27 defg	20,60 cd	0,90 a	3,33 de
GKRb 181	23,00 b	0,89 a	3,07 fgh	21,07 bc	0,87 a	2,93 fg
GKRb 401	21,33 b	0,93 a	3,60 cde	21,93 bc	0,89 a	3,53 cd
SP951	22,53 b	0,89 a	3,20 efg	22,80 b	0,90 a	3,20 ef
Katahdin	22,67 b	0,91 a	2,67 h	21,13 bc	0,89 a	2,87 fg
Atlantic	21,07 b	0,90 a	2,67 h	20,60 cd	0,90 a	2,60 g
Granola	23,20 b	0,93 a	2,93 gh	21,33 bc	0,88 a	2,60 g
B35	21,47 b	0,91 a	3,67 cde	19,00 d	0,89 a	3,60 cd
B163	25,40 b	0,89 a	3,80 bc	25,33 a	0,90 a	3,80 c
D12	25,26 b	0,91a	3,73 bcd	25,13 a	0,90 a	3,67 cd
D48	31,53 a	0,91 a	3,87 bc	22,13 bc	0,92 a	3,80 c
D38	22,13 b	0,92 a	4,47 a	20,73 cd	0,91 a	4,60 a
D37	20,47 b	0,92 a	4,20 ab	22,37 bc	0,91 a	4,20 b

AKRb = Atlantic x transgenik Katahdin SP951, GKRb = Granola x transgenik Katahdin SP951, B: Atlantic x transgenik Katahdin SP951, D = Granola x transgenik Katahdin SP951, HST = hari setelah tanam (*days after planting*), HSI = hari setelah infeksi (*days after infection*). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata dengan uji DMRT 5% (*Numbers followed by the same letter in one column are not significantly different by DMRT at 5%*)

Tabel 5. Komponen hasil klon-klon kentang transgenik hasil silangan di LUT Banjarnegara, 2013–2014 (*Yield component of transgenic potato hybrid clones in CFT Banjarnegara 2013–2014*)

Klon (Clones)	2x semprot (2 times spray)			10x semprot (10 times spray)		
	Jumlah umbi/ plot (No. of tuber /plot)	Berat umbi/ plot (Weight of tuber/plot), g	Rerata berat umbi (Average tuber weight), g	Jumlah umbi/plot (No. of tuber /plot)	Berat umbi/plot (Weight of tuber/ plot), g	Rerata berat umbi (Average tuber weight), g
AKRb134	71,0 abc	4179 a	68,9 ab	74,7 a	4666 abc	73,6 bc
AKRb354	74,7 abc	4116 a	66,9 ab	89,7 a	8401 a	103,9 ab
GKRb181	77,0 ab	4489 a	74,2 a	82,7 a	5935 abc	86,0 abc
GKRb401	69,3 abc	2965 abc	49,9 abc	76,7 a	5712 abc	104,4 ab
SP951	67,7 abc	3544 ab	52,4 abc	73,7 a	6808 ab	91,8 abc
Katahdin	61,7 abc	3952 ab	68,2 ab	65,7 a	5479 abc	97,9 abc
Atlantic	42,7 bc	1355 bc	30,9 cd	58,3 a	3297 bc	34,9 d
Granola	35,7 c	467 c	13,2 d	63,7 a	2230 c	32,3 d
B35	71,7 abc	3900 ab	64,8 ab	83,3 a	6557 ab	88,3 abc
B163	58,7 abc	2993 abc	57,3 abc	83,7 a	5333 abc	72,5 bc
D12	86,0 a	3453 ab	51,1 abc	75,7a	4853 abc	65,0 cd
D48	82,0 ab	3625 ab	50,7 abc	76,7 a	7577 a	113,0 a
D38	74,7 abc	3210 ab	43,0 bc	85,7 a	5546 abc	69,6 bc
D37	80,3 ab	4286 a	54,6 abc	91,7 a	6653 ab	84,0 abc

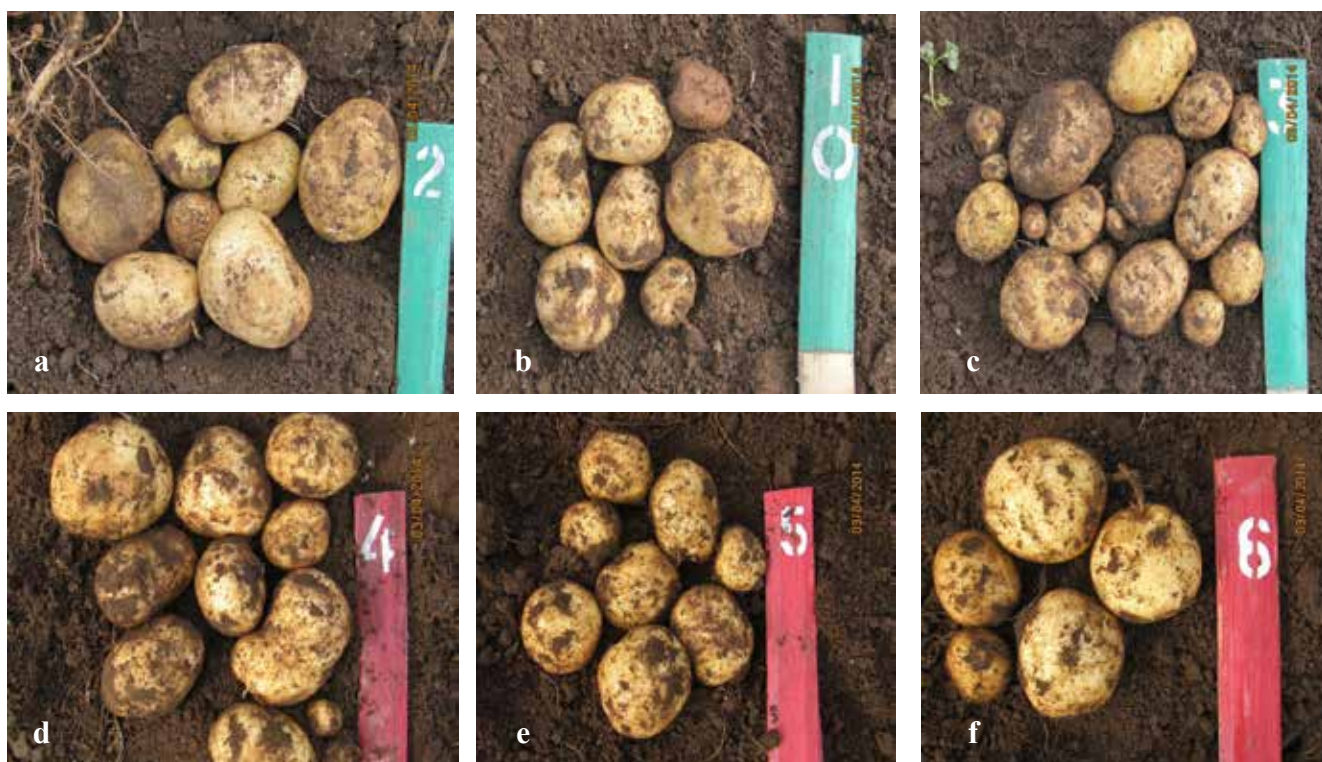
AKRb = Atlantic x transgenik Katahdin SP951, GKRb = Granola x transgenik Katahdin SP951, B = Atlantic x transgenik Katahdin SP951, D = Granola x transgenik Katahdin SP951. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata dengan uji DMRT 5% (*Numbers followed by the same letter in one column are not significantly different by DMRT at 5%*)

ditampilkan pada Tabel 4. Tinggi tanaman pada umur 53 HST dengan dua kali penyemprotan fungisida, menunjukkan bahwa semua klon yang diuji tidak berbeda nyata dengan Atlantic, Granola maupun transgenik Katahdin SP951 untuk karakter tinggi tanaman yang berkisar antara 21,1 – 25,4 cm kecuali klon D48 dengan tinggi tanaman 31,5 cm. Pada 10 kali penyemprotan fungisida klon silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, yaitu AKRb134, AKRb354, dan B35 berkisar antara 19 sampai 20,73 cm dan tidak berbeda nyata dengan Atlantic (20,6 cm). Meskipun terdapat beda nyata dengan transgenik Katahdin SP951 (22,8 cm), klon-klon tersebut mempunyai tinggi tanaman yang masih berada dalam kisaran tetua-tetuanya, yaitu Atlantic dan transgenik Katahdin SP951. Lima dari enam klon silangan Granola x transgenik Katahdin SP951, yaitu GKRb181, GKRb401, D48, D38, dan D37 mempunyai tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata dengan tetuanya Granola atau transgenik Katahdin SP951. Jumlah batang utama klon-klon silangan berkisar dari 3,3 sampai 4,6, lebih banyak dibandingkan Atlantic dan Granola dengan jumlah batang 2,6, sedangkan diameter batang tidak berbeda nyata, baik

pada perlakuan 2 kali maupun 10 kali penyemprotan fungisida.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian di beberapa lokasi LUT, yaitu di Lembang tahun 2011–2012, di Pangalengan dan di Banjarnegara tahun 2012 yang menunjukkan bahwa enam klon hasil silangan, yaitu B35, B163, D12, D48, D38, dan D37 mempunyai tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata dengan Atlantic, Granola, dan transgenik Katahdin SP951. Hal ini mengindikasikan bahwa penyisipan gen *RB* tidak merubah fenotipe tanaman kentang transgenik, kecuali untuk sifat yang disisipkan, yaitu ketahanan terhadap *P. infestans*. Menurut Conner (1994) dan Schauzu (2000) perakitan tanaman transgenik dilakukan dengan memindahkan suatu gen donor ke varietas tanaman yang sudah dibudidayakan sehingga secara substansial sepadan atau tidak berbeda dengan tanaman nontransgeniknya, kecuali untuk suatu sifat yang ditambahkan.

Komponen hasil seperti jumlah umbi dan berat umbi per plot serta rerata berat umbi disajikan pada Tabel 5. Pada perlakuan dua kali penyemprotan fungisida, klon silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, yaitu AKRb134 dan AKRb354 menunjukkan



Gambar 3. Umpan hasil panen Atlantic x transgenik Katahdin SP951 (3 a, b), Granola x transgenik Katahdin SP951 (3 c, d), transgenik Katahdin SP951 (3 e), dan nontransgenik Katahdin (3 f), pada dua kali penyemprotan fungisida (label merah) dan 10 kali penyemprotan fungisida (label hijau) (*Harvested tuber of Atlantic x transgenic Katahdin SP951 (3 a, b), Granola x transgenic Katahdin SP951 (3 c, d), transgenic Katahdin SP951 (3 e), and nontransgenic Katahdin (3 f) at two times spraying (red label) and 10 times spraying (green label)*)

berat umbi per plot masing-masing 4.179 g dan 4.116 g, berbeda nyata dibandingkan Atlantic dengan berat umbi 1.355 g. Klon-klon silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 mempunyai rerata berat umbi yang juga berbeda nyata dibandingkan Atlantic. Semua klon silangan Granola x transgenik Katahdin SP951, kecuali klon GKRb401, mempunyai berat umbi per plot berkisar antara 3210 sampai 4.489 g, berbeda nyata dibandingkan Granola dengan berat umbi 467 g. Klon-klon tersebut menghasilkan umbi dengan berat yang sama atau tidak berbeda nyata dengan tetua tahannya transgenik Katahdin SP951 (3.544 g).

Pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida, hasil umbi per plot paling tinggi untuk klon silangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 adalah 8.401g yang diperoleh dari klon AKRb354, diikuti oleh B35 (6.557 g), B163 (5.333 g), dan AKRb134 (4.666 g), sedangkan berat umbi per plot untuk Atlantic dan transgenik Katahdin SP951, masing-masing adalah 3.297 dan 6.808 g. Klon-klon silangan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 mempunyai berat umbi per plot yang berkisar dari 4.853 sampai 7.577 g, sedangkan Granola dan transgenik Katahdin SP951 masing-masing mempunyai berat umbi per plot 2.230 g dan 6.808 g (Tabel 5). Klon D48 dan D37 mempunyai berat umbi per plot sebesar 7.577g dan 6.653g, berbeda nyata dengan Granola (2.230 g). Jumlah umbi per plot tidak menunjukkan beda nyata antarsemua klon atau varietas yang diuji, namun klon-klon silangan menghasilkan umbi dengan berat rerata yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan Atlantic dan Granola.

Berat umbi per plot untuk semua klon hasil silangan maupun varietas-varietas tetuanya, lebih tinggi pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida dibandingkan dengan dua kali penyemprotan fungisida. Namun demikian, dengan penyemprotan fungisida minimalis, yaitu 2 dan 10 kali, klon-klon transgenik hasil silangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 menghasilkan berat umbi per plot dan rerata berat umbi yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan Atlantic dan Granola.

Penampilan umbi hasil panen dari LUT seperti pada Gambar 3. Bentuk dan warna umbi klon-klon kentang transgenik hasil silangan sepadan dengan tetuanya Atlantic, Granola atau transgenik Katahdin SP951.

Diperolehnya klon-klon kentang transgenik hasil silangan yang tahan terhadap *P. infestans* dengan penyemprotan fungisida secara minimal 2 sampai 10 kali akan sangat bermanfaat untuk program pemuliaan tanaman kentang. Petani dapat menghemat biaya produksi untuk pembelian fungisida dan mengurangi kontak langsung dengan fungisida. Selain itu, tersedianya klon-klon kentang transgenik hasil

silangan dapat menjadi alternatif bagi petani untuk mendapatkan klon-klon yang tahan terhadap *P. infestans*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Klon-klon kentang transgenik mempunyai skor ketahanan 7,21-8,61 yang lebih tinggi dibandingkan Atlantic (4,2) atau Granola (5,19), dan bahkan sama atau tidak berbeda nyata dengan transgenik Katahdin SP951 (8,02-8,59). Demikian juga dengan nilai AUDPC yang lebih tinggi dibandingkan Atlantic dan Granola.

Pada 53 HST, hampir semua klon kentang transgenik hasil silangan mempunyai tinggi tanaman 19–23 cm, tidak berbeda nyata atau berada dalam kisaran tinggi tanaman tetuanya Atlantic, Granola atau transgenik Katahdin SP951 (21,07-23,2 cm).

Jumlah batang utama klon-klon kentang transgenik hasil silangan 3,3–4,6 lebih banyak dibandingkan Atlantic atau Granola dengan jumlah batang 2,6–2,9, sedangkan diameter batang berkisar dari 0,87–0,93 tidak berbeda nyata dibandingkan tetuanya Atlantic, Granola atau transgenik Katahdin SP951.

Klon-klon kentang transgenik hasil silangan menghasilkan berat umbi per plot 3.210–4.489 g lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan Atlantic (1.355 g) atau Granola (467 g) dengan dua kali penyemprotan fungisida. Pada perlakuan 10 kali penyemprotan fungisida, hasil umbi per plot paling tinggi diperoleh pada klon AKRb354 (8.401 g) dan klon D48 (7.577 g) lebih tinggi dibandingkan Atlantic (3.297 g), Granola (2.230 g) maupun transgenik Katahdin SP951 (6.808 g). Klon-klon kentang transgenik mempunyai rerata berat umbi yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan Atlantic atau Granola.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prof. (R). Dr. M. Herman sebagai *Country Coordinator* ABSP (*Agricultural Biotechnology Support Project*) II, Bapak Usep Jaenudin, dan Ibu Dedeh Suwarsih di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang serta Bapak Rokhman, Ketua Kelompok Tani di Batur, Banjarnegara, Jawa Tengah, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. ABSP (Agricultural Biotechnology Support Project) II 2013, *Technical report of late blight resistant (LBR) potato activities in indonesia*, January – June, 2013, 33 pp.

2. Adiyoga, W 2009, 'Costs and benefits of transgenic late blight resistant potatoes in Indonesia', in Norton, GW & Desiree, MH (eds.), *Projected impacts of agricultural biotechnologies for fruits and vegetables in the Philippines and Indonesia*, ISAAA SEAsia Center, Los Banos Laguna 4030, Philippines, pp. 86-104.
3. Ambarwati, AD, Herman, M, Purwito, A, Sumaraw, SM & Aswidinnor, H 2011, 'Resistance evaluation on populations of crosses between transgenic potato Katahdin *RB* and non-transgenic Atlantic and Granola to late blight (*Phytophthora infestans*) in confined field trial', *Indonesian J. Agric. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 33-9.
4. Ambarwati, AD, Herman, M, Listanto, E, Suryaningsih, E & Sofiari, E 2012, 'Pengujian ketahanan klon-klon hasil silangan tanaman kentang transgenik dengan nontransgenik terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* di lapangan uji terbatas', *J. Hort.*, vol. 22, no. 2, hlm. 187-96.
5. Belknap, WR, Corsini, D, Pavak, JJ, Snyder, GW & Rockhold, DR 1994, 'Field performance of transgenic potatoes', in Belknap, WR, Vayda, ME & Park, WD (eds.), *The molecular and cellular biology of the potato*, second edition, CAB International, Wallingford, UK, pp. 233-43.
6. Bradeen, JM, Iorizzo, M, Molloy, DS, Raasch, J, Kramer, LC, Millett, BP, Austin-Phillips, S, Jiang, J & Carputo, D 2009, 'Higher copy numbers of the potato *RB* transgene correspond to enhanced transcript and late blight resistance levels', *MPMI*, vol. 22, no. 4, pp. 437-46.
7. Campbell, C & Madden, LV 1990, *Introduction to plant disease epidemiology*, Wiley, New York, USA. 532 pp.
8. Colton, LM, Groza, HI, Wielgus, SM & Jiang, J 2006, 'Marker-assisted selection for the broad-spectrum potato late blight resistance conferred by gene *RB* derived from a wild potato species', *Crop Sci.*, vol. 46, pp. 589-94.
9. Conner, AJ, Williams, MK, Abernethy, DJ, Fletcher, PJ & Genet, RA 1994, 'Field performance of transgenic potatoes', *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, vol. 22, pp. 361-71.
10. Cooke, DEL, Young, V, Birch, PRJ, Toth, R, Gourlay, F, Day, JP, Carnegie, SF & Duncan, JM 2003, 'Phenotypic and genotypic diversity of *Phytophthora infestans* populations in Scotland (1995-97)', *Plant Pathology*, vol. 52, pp. 181-92.
11. Dale, PJ & McPartlan, HC 1992, 'Field performance of transgenic potato plants compared with controls regenerated from tuber discs and shoot cuttings', *Theor. Appl. Genet.*, vol. 84, pp. 585-91.
12. Douches, DS, Kirk, WW, Bertram, MA, Coombs, JJ & Niemira, BA 2002, 'Foliar and tuber assessment of late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) reaction in cultivated potato (*Solanum tuberosum* L.)', *Potato Research*, vol. 45, pp. 215-24.
13. Halterman, DA, Kramer, LC, Wielgus, S & Jiang, J 2008, 'Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene *RB*', *Plant Dis.*, vol. 92, pp. 339-43.
14. Henfling, JW 1979, 'Late blight of potato: *Phytophthora infestans*', *In Tech Information Bull.*, International Potato Center, Lima, Peru, pp. 13.
15. Herman, M 2008, 'Status penelitian tanaman PRG di Indonesia', in Purwantara, B & Thohari, M (eds.), *Tanaman produk rekayasa genetik dan kebijakan pengembangannya*, Volume 1: *Teknologi rekayasa genetik dan status penelitiannya di Indonesia*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, pp. 85-106.
16. Herman, M, Ambarwati, AD, Listanto, E, Riyanti, ER, Suryaningsih, E, Kusmana, Wijayanti, S, Suwarsih, D, Usep, J & Amas 2012, *Pembentukan empat galur tanaman transgenik kentang tahan penyakit hawar daun (*Phytophthora infestans*) yang dapat mengurangi 50% aplikasi fungisida*, Laporan Penelitian APBN, 2012, hlm. 35.
17. Jongedijk, E, de Schutter, AAJM, Stolte, T, van den Elzen, PJM & Cornelissen, BJC 1992, 'Increased resistance to potato virus X and preservation of cultivar properties in transgenic potato under field conditions', *Bio Technology*, vol. 10, pp. 422-9.
18. Kusmana 2003, 'Evaluasi beberapa klon kentang asal setek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*', *J. Hort.*, vol. 13, no. 4, hlm. 220-8.
19. Kusmana 2004, 'Evaluasi resistensi 26 genotip kentang terhadap penyakit busuk daun di Cibodas, Lembang', *J. Hort.*, vol. 14, no. 1, hlm. 15-24.
20. Kuhl, JC, Zarka, K, Coombs, J, Kirk, WW & Douches, DS 2007, 'Late blight resistance of *RB* transgenic potato line', *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, vol. 132, no. 6, pp. 783-9.
21. Kramer, LC, Choudoir, MJ, Wielgus, SM, Bhaskar, PB & Jiang, J 2009, 'Correlation between transcript abundance of the *RB* gene and the level of the *RB*-mediated late blight resistance in potato', *MPMI*, vol. 22, no. 4, pp. 447-55.
22. Landeo, JA 1999, *Data processing and interpretation of resistance parameters*, CIP, PERU.
23. Millett, BP, Molloy, DS, Iorizzo, M, Carputo, D & Bradeen, JM 2009, 'Changes in disease resistance phenotypes associated with plant physiological age are not caused by variation in R gene transcript abundance', *MPMI*, vol. 22, no. 3, pp. 362-8.
24. Song, J, Bradeen, JM, Naess, SK, Raasch, JA, Wielgus, SW, Haberland, GT, Liu, J, Kuang, H, Austin-Phillips, S, Buell, CR, Helgeson, JP & Jiang, J 2003, 'Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight', *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 100, pp. 9128-33.
25. Schauzu, M 2000, 'The concept of substantial equivalence in safety assessment of foods derived from genetically modified organisms', *AgbiotechNet.*, vol. 2, pp. 1- 4.
26. Stewart, HE, Bradshaw, JE & Wastie, RL 1994, 'Correlation between resistance to late blight in foliage and tubers in potato clones from parents of contrasting resistance', *Potato Res.*, vol. 37, pp. 429-34.
27. van der Vossen, E, Sikkema, A, Hekkert, BL, Gross, J, Stevens, P, Muskens, M, Wouters, D, Pereira, A, Stiekema, W & Allefs, S 2003, 'An ancient R gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato', *Plant J.*, vol. 36, pp. 867-82.